

INFLUENCE OF SEASON ON INTRAMUSCULAR FATTY ACID PROFILE OF FIGHTING BULL

EFFECTO ESTACIONAL SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA GRASA INTRAMUSCULAR DEL TORO DE LIDIA

Alberto Horcada-Ibáñez^{1*}, Oliva Polvillo-Polo^{1,2}, Mercedes Valera-Córdoba¹, Manuel Juárez-Davila^{1,3}

¹MERAGEM Research Group. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Edif. Gregor Mendel. 14014 Cordoba, Spain. ²Centro de Investigación, Tecnología e Innovación Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes, 4-B, 41012 Seville, Spain. ³Lacombe Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada. 6000 C & E Trail. T4L 1W1 Lacombe, AB, Canada. (albertohi@us.es).

ABSTRACT

In Spain, beef from Fighting Bulls is traditionally consumed during spring and summer festivals but there are few studies on fatty acid profile from of these bulls. The objective this study was to evaluate the effect of slaughtering season and year of breeding on fatty acid composition of Spanish Fighting Bull intramuscular fat. The study was carried out during 2006 and 2009 seasons in Seville and Pamplona using a sampling survey methodology. Fighting Bulls (n=150) were raised in a traditional production system (Spanish *dehesa*) and slaughtered in spring (Sevilla) and summer (Pamplona). *Supraespinatus* muscle was collected at the abattoir 24 h *post-mortem* for fatty acid analysis. Statistical analysis included location and slaughter as main effects and livestock farm as random effect. Bulls slaughtered in summer were older ($p=0.027$) and heavier ($p=0.002$), but spring carcasses were heavier ($p=0.008$), with higher yields ($p\leq 0.001$), and a higher degree of fatness ($p\leq 0.001$). However, meat from bulls slaughtered in spring showed lower ($p\leq 0.001$) intramuscular fat content, leading to a higher ($p\leq 0.001$) polyunsaturated/saturated fatty acid ratio. Intramuscular fat showed seasonal differences ($p\leq 0.05$) in most fatty acid concentrations. There were significant interactions ($p\leq 0.05$) between the slaughter season and years for several fatty acids, total lipids and monounsaturated. Conjugated linolenic acid (CLA) levels were similar to those found in conventional beef. The higher monounsaturated fatty acids and CLA content in bulls slaughtered at summer could be partly due to mobilization of polyunsaturated fatty acids in this period. Thus, although the intramuscular fat of Spanish Fighting Bulls may have a high nutritional value, the great influence of the rearing season

RESUMEN

En España, la carne de Toro de Lidia se consume tradicionalmente durante los festivales de primavera y verano, pero hay pocos estudios sobre el perfil de ácidos grasos de esta carne. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la estación de sacrificio y el año de crianza en la composición de ácidos grasos de la grasa intramuscular del Toro de Lidia español. El estudio se realizó durante las temporadas 2006 y 2009 en Sevilla y Pamplona con una metodología de encuesta de muestreo. Los Toros de Lidia (n=150) fueron criados en un sistema de producción tradicional (*dehesa* española) y sacrificados en primavera (Sevilla) y verano (Pamplona). A las 24 h *post-mortem* se tomó una muestra del músculo *Supraespinatus* en el matadero para analizar ácidos grasos. El análisis estadístico incluyó ubicación y año de sacrificio como efectos principales y la hacienda ganadera como efecto aleatorio. Los toros sacrificados en verano tenían mayor edad ($p=0.027$) y más peso ($p=0.002$), pero las canales en primavera fueron más pesadas ($p=0.008$), con rendimientos más altos ($p\leq 0.001$), y mayor gordura ($p\leq 0.001$). La carne de los toros sacrificados en primavera mostró contenido de grasa intramuscular menor ($p\leq 0.001$), y una relación de ácidos grasos poliinsaturados/saturados mayor ($p\leq 0.001$). La grasa intramuscular mostró diferencias estacionales ($p\leq 0.05$) en los ácidos grasos mayoritarios. Hubo interacciones significativas ($p\leq 0.05$) entre época de sacrificio y año para varios ácidos grasos, lípidos totales y ácidos grasos monoinsaturados. Los niveles de ácido linolénico conjugado (CLA) fueron similares a los de la carne bovina convencional. El contenido más alto de ácidos grasos monoinsaturados y de CLA en toros sacrificados en el verano podría deberse en parte a la movilización de ácidos grasos poliinsaturados en este período. Así, aunque la grasa intramuscular del Toro de Lidia español puede tener un valor nutricional alto, la gran influencia de la época de

*Author for correspondence ❖ Autor responsable.

Received: October, 2011. Approved: July, 2012.

Published as ARTICLE in *Agrociencia* 46: 467-479. 2012.

and slaughter system should be considered when fatty acid composition is concerned.

Key words: traditional production system (*dehesa*), Fighting Bull, lipids, season.

INTRODUCTION

Selection strategies and production systems used to raise Fighting Bulls are unique since the bulls are selected based on behaviour (aggressiveness, strength and vigour) and external traits (skin colour or horn shape and size). The traditional production system for Fighting Bulls is a free range semi-extensive breeding system using a concentrate supplement during the summer due to grass shortage, and bulls are sent to the bullring at 4-4 ½ years (Horcada *et al.*, 2010). Few of the bulls produced each year are used for bull fighting and most of them (males and females) are ruled out after selection tests and sent to the abattoir. Besides, carcasses from Fighting Bulls slaughtered at the bullring must be processed in an official abattoir and then sold at meat markets.

Fighting Bull meat is produced and consumed in Spain, France, Portugal, México, Colombia, Venezuela, Ecuador and Perú. It has a marked seasonal trend which depends on the dates bull fightings take place. Meat from bulls slaughtered at the bullring can reach higher prices than regular beef, while meat from bulls slaughtered at the abattoir is sold at lower price due to lower carcass weight and beef quality grade.

Although genotype and diet are two of the main factors affecting intramuscular fatty acid (FA) composition, studies available on meat FA profile from Fighting Bull are scarce (Beriaín *et al.*, 2011). In 2002, RD 260/2002 was issued in Spain regarding Fighting Bulls meat commercialization. In addition, beef associated to organic production systems in *dehesa* (Fighting Bull producing farms) can be considered as a new niche product for development of rural areas (Joffre *et al.*, 1999).

Several factors, such as genetic background, diet, slaughter weight, and fatness degree influence FA profile (Wood *et al.*, 2008) but little is known about beef FA composition of Spanish Fighting Bulls. Besides, due to the traditional seasonal production, lipid profile may present high variability since there

cría y el sistema de sacrificio debieran considerarse en lo que respecta la composición de ácido graso.

Palabras clave: sistema de producción tradicional (*dehesa*), Toro de Lidia, lípidos, estación.

INTRODUCCIÓN

Las estrategias de selección y sistemas de producción usados para criar Toros de Lidia son únicos ya que los toros se seleccionan para comportamiento (agresividad, fuerza y vigor) y características externas (color de piel o forma y tamaño del cuerno entre otras). El sistema tradicional de producción del Toro de Lidia es de crianza semi-extensivo en campo abierto, se usa suplemento concentrado durante el verano, debido a la escasez de pastos, y los toros son enviados a la plaza de toros a los 4 o 4 ½ años (Horcada *et al.*, 2010). Cada año, un número reducido de toros son para las corridas, y la mayoría de ellos (machos y hembras) se excluyen después de las pruebas de selección y enviados al matadero. Las canales de los toros de lidia sacrificados en la plaza deben ser procesados en un matadero oficial y luego vendidos en mercados de carne.

La carne del Toro de Lidia se produce y consume en España, Francia, Portugal, México, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. Tiene una estacionalidad marcada que depende de las fechas de los festejos taurinos. La carne de toros sacrificados en la plaza de toros puede alcanzar precios más altos que la carne habitual, mientras que la carne de toros de lidia sacrificados en el matadero se vende a precio menor debido al menor peso de la canal y calidad de la carne.

Aunque el genotipo y la dieta son dos de los factores principales que afectan la composición de los ácidos grasos (AG) intramusculares, hay pocos estudios sobre el perfil de AG de la carne del Toro de Lidia (Beriaín *et al.*, 2011). En el 2002 se publicó en España el RD 260/2002 relacionado con la comercialización de carne de Toro de Lidia. Además, la carne bovina asociada a sistemas de producción orgánica en la *dehesa* (haciendas productoras de Toro de Lidia) puede ser considerada como producto novedoso para el desarrollo de las zonas rurales (Joffre *et al.*, 1999).

Varios factores, como la base genética, la dieta, el peso al sacrificio, y el grado de infiltración de grasa influyen en el perfil de AG (Wood *et al.*, 2008). Sin

are seasonal and climatic effects on FA composition (Marchello *et al.*, 1967; Perry *et al.*, 1998). The objective of this research was to study the effect of slaughtering season (spring and summer) on FA profile of intramuscular fat from Spanish Fighting Bull raised on *dehesa* areas according to traditional production system.

MATERIAL AND METHODS

Experimental design and sampling

The study was carried out on 150 Fighting Bulls during 2006 and 2009 in Spain. In 2006, samples were collected from 30 bulls slaughtered in spring during the April Festival ("Feria de Abril", Seville) and from 30 bulls slaughtered in summer during the "San Fermín" festival (Pamplona). In 2009, samples from 45 bulls per festival were collected. These are two of the main events involving Fighting Bulls in Spain and are representative of the seasonality in Fighting Bull slaughters.

Bulls were produced in 20 livestock farms located in Southeast Spain. The bulls remained at the *dehesa* fields (Joffe *et al.*, 1999) for 4 ½ years until transportation to the festival. Fighting Bulls grazed *ad libitum* on a permanent native pasture and received a concentrate supplement (14.1-15.0 % protein, 5.05-5.40 % fibre, 4.5-5.30 % total fat, 32.1-37.0 % starch, 1.00-1.10 % Ca and 0.25-0.40 % P). The average botanical composition of the native pasture was: 25 % grass (mainly *Lolium*, *Bromus*, *Agrostis* and *Poa*) and 26 % legumes (mainly *Trifolium*, *Medicago* and *Ornithopus*).

Bulls were transported (250 km to Seville and 845 km to Pamplona) according to welfare specifications of the Council Directive 86/609/EEC (European Communities, 1986) regulation, and slaughtered according to RD 1034/2001 regulation. In the spring bulls were slaughtered within 24 h after arrival to the abattoir. In summer, the bulls remained 10 d in individual stables and fed concentrate and barley straw *ad libitum* before being slaughtered.

After slaughter and cleaning, carcasses remained 4 h at room temperature (18 °C) and then refrigerated 24 h (2 °C). Carcasses were then weighed and conformation and degree of fatness assessed according to the European classification system (EEC Regulation No. 1183/2006). Samples were then taken from the *supraespinatus* muscle, vacuum packed and frozen at -20 °C until FA analysis.

Fatty acid analysis

Total FA were extracted, methylated and analysed at the General Agricultural Research Service, University of Seville

embargo, se sabe poco de la composición de AG de la carne del Toro de Lidia español. Además, debido a la producción estacional, el perfil de lípidos puede presentar una gran variabilidad porque hay efectos estacionales y climáticos en la composición de AG (Marchello *et al.*, 1967; Perry *et al.*, 1998). El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la estación de sacrificio (primavera y verano) sobre el perfil de AG de la grasa intramuscular del Toro de Lidia Español criado en *dehesa* de acuerdo con el sistema de producción tradicional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental y muestreo

El estudio se realizó con 150 Toros de Lidia durante 2006 y 2009 en España. En el 2006 tomaron muestras de 30 toros sacrificados en primavera durante el festival de abril ("Feria de Abril", Sevilla) y de 30 toros sacrificados en verano durante el festival de "San Fermín" (Pamplona). En el 2009 se tomaron 45 muestras de toros por festival. Estos son dos de los principales eventos que incluyen al Toro de Lidia en España y son representativos de la estacionalidad de sacrificios de Toros de Lidia.

Los toros procedían de 20 haciendas ganaderas ubicadas en el suroeste de España. Los toros permanecieron en la *dehesa* (Joffe *et al.*, 1999) 4 ½ años hasta su transporte al festival. Los toros pastaron *ad libitum* en una pradera natural permanente y recibieron un suplemento concentrado (14.1 a 15.0 % proteína, 5.05 a 5.40 % fibra, 4.5 a 5.30 % grasa total, 32.1 a 37.0 % almidón, 1.00 a 1.10 % Ca y 0.25 a 0.40 % P). La composición botánica promedio de la pradera natural fue: 25 % gramíneas (principalmente *Lolium*, *Bromus*, *Agrostis* y *Poa*) y 26 % leguminosas (principalmente *Trifolium*, *Medicago* y *Ornithopus*).

Los toros se transportaron (250 km a Sevilla y 845 km a Pamplona), de acuerdo con las especificaciones de bienestar y regulación de La Directiva del Consejo 86/609/CEE (Comunidades Europeas, 1986) y fueron sacrificados de acuerdo a la regulación DR 1034/2001. En primavera los toros fueron sacrificados 24 h después de llegar al matadero. En verano, los toros permanecieron 10 d en establos individuales y alimentados con concentrado y paja de cebada *ad libitum* antes de ser sacrificados.

Después del sacrificio y limpieza las canales permanecieron 4 h a temperatura ambiente (18 °C) y luego refrigeradas 24 h (2 °C). Las canales se pesaron y se evaluó conformación y grado de engrasamiento de acuerdo con el sistema de clasificación europea (Reglamento EEC No. 1183/2006). Se tomaron muestras

(Spain), using an modification of the method described by Aldai *et al.* (2006). Fatty acid methyl ester (FAME) separation and quantification was carried out using a gas chromatograph (GC, Agilent 6890N, Inc., California, USA) equipped with a flame ionisation detector (FID) and with a BPX-70 capillary column (12.0 m, 0.25 mm i.d., 0.2 μ m film thickness, SGE, Australia), as reported by Juárez *et al.* (2009). Individual FAMES were identified using standard (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, UK). Content of FA were expressed as percentage of total FAs, and grouped as follows: saturated (SFA), monounsaturated (MUFA), polyunsaturated (PUFA), n-3 and n-6. Content of *trans* octadecenoic ($\sum trans$ 18:1) and conjugated linolenic ($\sum CLA$) FAs was expressed as a single value because of its incomplete chromatographic resolution. Besides, PUFA/SFA and Δ -9 desaturase activity [C18:1/(C18:0+C18:1)] indices were calculated (Malau-Aduli *et al.*, 1998).

Statistical analysis

Statistical analysis was carried out with the MIXED procedure (SAS Institute, Inc. 2003). Location and year of slaughter and interactions were included as main effects; and producing farms as the random effect. LSMEANS and PDIF options were applied for generating least squares means and comparison of treatments by F-test. Superscripts were used to separate means only when interaction between location and year was significant ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Bulls slaughtered in summer 2006 and 2009 were older ($p=0.027$) and heavier ($p=0.002$) than those slaughtered in spring (Table 1). Average age and weight of slaughter (4 ½ years and 557 kg) cannot be compared to those commonly used for commercial beef production in Spain (Serra *et al.*, 2008) and other countries (Christensen *et al.*, 2011), since Fighting Bulls are not specifically selected or raised for meat production, but rather for their aggressive behaviour. The difference in age between slaughtering seasons can be explained by the dates of festival celebration. This could be also linked to differences in weight, as during summer there is little grass for the bulls and concentrate is then supplied.

Spring carcasses were heavier ($p=0.008$) and with higher yields ($p \leq 0.001$) than summer carcasses. Longer transportation in hot climates and fasting previous to slaughtering in summer could be the cause for this effect. Carcasses were lighter ($p=0.003$)

del músculo *supraespinatus*, se envasó al vacío y se congeló a -20°C hasta el análisis de AG.

Análisis de ácidos grasos

Los AG totales fueron extraídos, metilados y analizados en el Servicio General de Investigación Agraria, Universidad de Sevilla (España), mediante una modificación del método descrito por Aldai *et al.* (2006). La separación y cuantificación de los metil ésteres de (FAME) se realizó en un cromatógrafo de gases (GC, Agilen 6890N, Inc., California, USA) equipado con un detector de ionización de llama (FID) y con una columna capilar BPX-70 (12.0 m, 0.25 mm d. i., 0.2 μ m de grosor, SGE, Australia), según Juárez *et al.* (2009). Los FAMES individuales se identificaron usando estándares comerciales (Sigma Chemical Co. Ltd., Poole, UK). El contenido de AG se expresó como porcentaje del total de AG detectados y se agruparon así: saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), poliinsaturados (AGPI), n-3 y n-6. El contenido de *trans* octadecenoico ($\sum trans$ 18:1) y los conjugados del ácido linolénico ($\sum CLA$) se expresaron como un solo valor debido a su resolución cromatográfica incompleta. El índice AGPI/AGs la actividad Δ -9 desaturasa [C18:1/(C18:1+C18:0)] también se calcularon (Malau-Aduli *et al.*, 1998).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el procedimiento (SAS Institute, Inc. 2003). La ubicación y año de sacrificio e interacciones se incluyeron como efectos principales; y la granja ganadera como efecto aleatorio. Las opciones LSMEANS y PDIF se aplicaron para generar medias de mínimos cuadrados y comparación de tratamientos por la prueba-F. Los superíndices fueron para separar las medias sólo cuando la interacción entre la ubicación y el año fue significativa ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los toros sacrificados en verano del 2006 y 2009 fueron de mayor edad ($p=0.027$) y más pesados ($p=0.002$) que los sacrificados en primavera (Cuadro 1). El promedio de edad y peso de sacrificio (4 ½ años y 557 kg) no puede compararse con los usados comúnmente para la producción comercial de carne en España (Serra *et al.*, 2008) y otros países (Christensen *et al.*, 2011), ya que los Toros de Lidia no se crían para la producción de carne, sino por su conducta agresiva. La diferencia en edad entre las temporadas de sacrificio puede explicarse por las fechas de celebración de los festivales. Esto se podría

Table 1. Carcass characteristics of Fighting Bulls as affected by location and year of slaughter.
Cuadro 1. Características de la canal de los Toros de Lidia afectados por ubicación y año de sacrificio.

	Spring		Summer		SEM	p≤		
	2006	2009	2006	2009		Season	Year	Location×Year
Slaughter age (d)	1618	1611	1687	1687	34.09	0.027	0.925	0.906
Slaughter weight (kg)	548	535	577	569	11.78	0.002	0.273	0.756
Carcass weight (kg)	349	323	324	312	7.187	0.008	0.003	0.216
Carcass yield (%)	63.1	60.2	56.6	55.1	0.611	0.001	0.001	0.189
Carcass conformation	10.1 ^a	8.00 ^c	9.47 ^b	8.00 ^c	0.094	0.002	0.001	0.002
Degree of fatness [†]	4.70 ^a	4.97 ^a	4.13 ^b	3.40 ^c	0.153	0.001	0.121	0.001

a,b,c Means with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$). [†] Fatness level (1, low; 15, high) ♦ a,b,c Medias con diferentes letras son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). [†] Nivel de engrasamiento (1, bajo; 15, alto).

and yields lower ($p \leq 0.001$) in 2009 than in 2006 for both seasons. The production system used in Fighting Bull breeding is very susceptible to environmental variations because animals always remain in the field (*dehesa*). Changes on the precipitation rate lead to changes in pasture availability during the seasons, affecting performance and carcass traits. Thus, annual precipitation average was higher in 2006 (518 mm) than in 2009 (474 mm) in *dehesa* where bulls were raised (MARM, 2011).

Besides, carcass conformation was lower in spring 2009 and it was higher in summer 2006 ($p = 0.002$). As shown by the interaction effect ($p \leq 0.001$), the degree of fatness was higher in 2006 and 2009 in bulls slaughtered in spring as compared to those slaughtered in summer. A sharp decrease in fatness degree was observed in bulls slaughtered in summer due to FA mobilization from the adipose tissue.

Total FAs and FA indices (% of total FAs) in intramuscular fat of Fighting Bulls in late spring and early summer are shown in Table 2. Data interpretation regarding FA composition could be difficult due to uncontrollable environmental factors. However, Aldai *et al.* (2009) suggested comparing FA composition of a given meat or meat product to health recommendations when limited or no information is available.

Average total FA content in Fighting Bulls beef was lower than that reported for *longissimus* (Christensen *et al.*, 2011) or diaphragm (Dugan *et al.*, 2010) muscles, using different bovine breeds and production systems. Fighting Bulls show poor marbling which may satisfy the Spanish consumers' demand for lean and low marbled beef (Beriaín *et al.*,

también relacionar con las diferencias en peso, pues durante el verano hay poco pasto para los toros y se ofrece concentrado.

Las canales en primavera fueron más pesadas ($p = 0.008$) y con rendimientos más altos ($p \leq 0.001$) que las canales en verano. El transporte más largo en climas cálidos y el ayuno previo al sacrificio en verano podría ser la causa de este efecto. Las canales fueron más ligeras ($p = 0.003$) y los rendimientos más bajos ($p \leq 0.001$) en el 2009 que en 2006, para ambas estaciones. El sistema de producción usado en la crianza del Toro de Lidia es muy susceptible a las variaciones ambientales porque los animales permanecen siempre en la *dehesa*. Los cambios en la tasa de precipitación conducen a cambios en la disponibilidad de pastos durante las estaciones, afectando las características de la canal. El promedio de precipitación anual fue mayor en el 2006 (518 mm) que en 2009 (474 mm) en la *dehesa* donde se criaron los toros (MARM, 2011).

Además, la conformación de la canal fue menor en primavera del 2009 y fue mayor en verano del 2006 ($p = 0.002$). Como se muestra por el efecto de interacción ($p \leq 0.001$), el grado de gordura fue mayor en 2006 y 2009 en toros sacrificados en primavera, comparados con los sacrificados en verano. Hubo un descenso fuerte en el grado de engrasamiento en toros sacrificados en verano debido a la movilización de AG desde el tejido adiposo.

AG totales e índices de AG (% de AG totales) en la grasa intramuscular de los Toros de Lidia a final de primavera e inicio de verano se muestran en el Cuadro 2. La interpretación de los datos respecto a la composición de AG podría ser difícil debido a

Table 2. Intramuscular fatty acid indices (percentage by weight of total fatty acids detected) of Fighting Bulls as affected by location and year of slaughter.**Cuadro 2. Índices de ácidos grasos intramusculares (porcentaje por peso de ácidos grasos totales detectados) de Toros de Lidia afectados por ubicación y año de sacrificio.**

	Spring		Summer		SEM	p≤		
	2006	2009	2006	2009		Season	Year	Season×Year
ΣFatty acids (mg 100 g ⁻¹ meat)	1.29	1.03	1.71	1.20	0.071	0.001	0.001	0.192
ΣSFA	41.3	43.1	43.0	44.1	0.530	0.003	0.001	0.298
ΣMUFA	38.0 ^a	35.4 ^b	39.3 ^a	39.1 ^a	0.785	0.001	0.019	0.025
ΣPUFA	21.0	21.5	17.4	16.7	0.880	0.001	0.915	0.338
Σn-3	1.06	1.72	0.96	1.52	0.106	0.095	0.001	0.515
Σn-6	19.4	19.5	15.7	14.6	0.865	0.001	0.482	0.326
ΣPUFA/ΣSFA	0.52	0.50	0.41	0.39	0.029	0.001	0.132	0.469
Desaturase index	1.50	1.32	1.84	1.80	0.050	0.001	0.005	0.070

a,b Means with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$); Desaturase index: $C18:1/C18:0 + C18:1 \div C18:0$; a, b Medias con diferentes letras son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$); Índice de desaturasa: $C18:1/C18:0 + C18:1 \div C18:0$.

2011). In fact, the levels of intramuscular fat observed in the present study are closer to alternative species such as buffalo (Juárez *et al.*, 2010) or bison (Janz *et al.*, 2000), than to commercial beef. This is due to differences in both genotype and production systems. There was an effect of year on fatty acid content (Table 2) because in 2009 bulls showed lower levels of total fat content ($p \leq 0.001$) than those observed in 2006, which can be explained by variations on the precipitation rate and grass availability between years. Moreover, there was no interaction between year and season since in all cases meat from bulls slaughtered in spring had lower ($p \leq 0.001$) total fat content than in bulls slaughtered in summer, when there was less grass available and the bulls received a larger amount of concentrate. Therefore, the higher amount of energy provided by the concentrate as compared to the forage (Caton and Dhuyvetter, 1997) and the difference in age at slaughter could explain the differences in total fat content between spring and summer.

The low intramuscular fat content in Fighting Bulls led to FA composition characteristic of lean meats, high PUFA content (19.2 mg 100 g⁻¹ meat mean value). According to Wood *et al.* (2008), low total lipid concentration in muscle with a high phospholipid proportion will lead to a higher PUFA proportion in total lipids. However, PUFA content in beef intramuscular fat is usually lower (Juárez *et al.*, 2011; Noci *et al.*, 2007) than that observed in

factores ambientales incontrolables. Sin embargo, Aldai *et al.* (2009) sugirieron comparar la composición de AG de una determinada carne o producto cárnico con las recomendaciones para la salud humana cuando esta información es limitada o no disponible.

El contenido promedio total de AG de la carne de Toros de Lidia fue menor que la reportada para músculos *longissimus* (Christensen *et al.*, 2011) o del diafragma (Dugan *et al.*, 2010) usando razas bovinas y sistemas de producción diferentes. Los Toros de Lidia muestran poco marmoleo por lo que su carne puede satisfacer la demanda de los consumidores españoles por carne magra y con poco marmoleo (Beriaín *et al.*, 2011). De hecho, los niveles de grasa intramuscular observada en el presente estudio se acercan más a especies alternativas como búfalo (Juárez *et al.*, 2010) o bisonte (Janz *et al.*, 2000) que a la carne bovina comercial. Esto se debe a diferencias del genotipo y de los sistemas de producción. Hubo un efecto del año sobre el contenido de AG (Cuadro 2) debido a que en el 2009 los toros mostraron niveles menores de grasa total ($p \leq 0.001$) que los observados en el 2006, lo cual se explica por las variaciones en la tasa de precipitación y la disponibilidad de pastos entre años. Además, no hubo interacción entre el año y la estación de sacrificio ya que en todos los casos la carne de toros sacrificados en la primavera mostró contenido total de grasa menor ($p \leq 0.001$) que los toros sacrificados en verano, cuando hubo menos pasto disponible y los

the present study. Insausti *et al.* (2004) reported similar values in lean beef (<1.5 % fat). Content of SFA increased in intramuscular fat at both seasons ($p \leq 0.001$) in 2009; and in 2006 intramuscular fat from bulls slaughtered in spring had lower ($p = 0.003$) total SFA content and higher ($p \leq 0.001$) total PUFA as compared to bulls slaughtered in summer.

Total MUFA level in spring 2009 was the lowest, whereas total n-3 level increased in bulls at both seasons in 2009 ($p \leq 0.001$), and n-6 content was higher in bulls slaughtered in spring ($p \leq 0.001$). A decrease in total intramuscular fat results in a higher neutral lipid to phospholipid ratio; neutral lipids being rich in SFA and phospholipids in n-3 FA (Riely *et al.* 2000). Christie (1981) and Realini *et al.* (2004) report an increase in fat and a decrease in PUFA proportion in beef when concentrate was included in a forage-based diet. Seasonal and climatic effects have been also reported for FAs composition of ruminants (Marchello *et al.*, 1967; Perry *et al.*, 1998). Thus, differences in feed quality affect pasture-fed rather than grain-fed cattle, which can explain the increase in MUFA in 2009 when the availability of grass was lower and supplement was higher. In a survey in Canada, Aldai *et al.* (2009) reported an increase in MUFA levels in retail beef during winter when concentrate is required, which is not the case in Spain. Moreover, climatic differences (cold *versus* hot regions) may also lead to changes in fat composition. In the present study, average PUFA/SFA ratio was 0.45; higher ($p \leq 0.001$) in meat from bulls slaughtered in spring due to the higher PUFA content. Current nutritional recommendations establish that PUFA/SFA ratio in human diets should be above 0.4, fats with low PUFA/SFA ratio are not recommended because they might increase cholesterolemia (British Department of Health, 1994). Therefore, according to our results and in agreement with Beriain *et al.* (2011), meat from Fighting Bulls has a balanced PUFA/SFA ratio for human health.

The high MUFA content in bulls slaughtered in summer could be due to energy storage mobilization in fat depots. Patterns of relative FA mobilization in mammals are different (Gavino and Gavino, 1992; Price *et al.*, 2008) and selective mobilization occurs in an undernutrition situation (Connor *et al.*, 1996). Raclot and Groscolas (1993) show that FA mobilization from the adipose tissue was positively correlated to degree of unsaturation (fundamentally

toros recibieron una mayor cantidad de concentrado. Por tanto, la cantidad mayor de energía debida al concentrado comparado con el forraje (Caton y Dhuyvetter, 1977) y la diferencia de edad al sacrificio podrían explicar las diferencias en contenido total de grasa entre primavera y verano.

El contenido bajo de grasa intramuscular en los Toros de Lidia llevó a la composición de AG característica de carnes magras y alto contenido de AGPI (19.2 mg 100 g⁻¹ valor medio de la carne). Según Wood (2000), la concentración baja de lípidos totales en el músculo y una proporción alta de fosfolípidos conduce a una proporción mayor de AGPI en el tejido graso. Sin embargo, el contenido de AGPI en la grasa intramuscular de la carne bovina generalmente es menor (Juárez *et al.*, 2011; Noci *et al.*, 2007) que el observado en el presente estudio. Insausti *et al.* (2004) reportaron valores similares en carne bovina magra (<1.5 % de grasa). El contenido de AGS aumentó en grasa intramuscular en ambas estaciones ($p \leq 0.001$) en el 2009; en el 2006 la grasa intramuscular de los toros sacrificados en la primavera tuvo contenido total de AGS menor ($p = 0.003$) y de AGPI mayor ($p \leq 0.001$) comparado con los toros sacrificados en verano.

El nivel total de AGMI en la primavera del 2009 fue el menor, mientras que el nivel n-3 total aumentó en los toros en ambas estaciones en el 2009 ($p \leq 0.001$), y el contenido de n-6 fue mayor en la grasa de los toros sacrificados en primavera ($p \leq 0.001$). Una disminución en grasa intramuscular total conduce a la relación mayor de lípidos neutros al contenido de fosfolípidos; los lípidos neutros serán ricos en AGS y los fosfolípidos en AG n-3 (Riely *et al.*, 2000). Christie (1981) y Realini *et al.* (2004) reportan un aumento de grasa y una disminución en la proporción de AGPI en la carne cuando el concentrado se incluye en una dieta basada en forraje. También hay efectos climáticos y estacionales en la composición de AG en rumiantes (Marchello *et al.*, 1967; Perry *et al.*, 1998). Así, las diferencias en la calidad del alimento afectan al ganado alimentado con pasto en vez de grano, lo que puede explicar el aumento en AGMI en el 2009, cuando la disponibilidad de pasto fue menor y el suplemento fue mayor. En una encuesta realizada en Canadá, Aldai *et al.* (2009) reportaron un aumento en los niveles de AGMI en la carne vendida al por menor durante el invierno cuando se necesita el concentrado, lo cual no es el caso de España. Es más, las

PUFA), and negatively to chain length. In *in vitro* studies, short chain FA with double bonds closer to the methyl end are preferentially mobilized (Raclot, 2003), which could also explain *in vivo* results in our study. There was a sharp decrease of fatness degree in bulls slaughtered in summer (Table 1), suggesting undernutrition due to less pasture, higher environmental temperature, longer transportation time, and pre-slaughter fasting. It can be concluded that environmental conditions and differences in the availability and quality of feeding have an effect on intramuscular FA composition (Mazzone, 2010). Besides, selective FA mobilization takes place during high energy demand, undernutrition and stress situations (Price *et al.*, 2008; Soppela and Nieminen, 2002). The lower PUFA content and higher Δ -9 desaturase activity ($p \leq 0.001$) in fat of bulls slaughtered in summer (Table 2) were also in agreement with higher PUFA mobilization in undernutrition and stress situations. Raclot (2003) report differential FA mobilization according to the molecular structure and saturation degree; polyunsaturated FA are preferentially mobilized.

The most abundant FA were C16:0, C18:0, C18:1n-9 and C18:2n-6 (Table 3) which were observed in Spanish beef by Indurain *et al.* (2006). The second most abundant FA in spring was C18:0, and 16:0 ($p \leq 0.001$) in summer due to the higher supplementation with concentrate. French *et al.* (2000) report a linear decrease in SFA proportion when increasing grass intake due to a lower 16:0 content in grass as compared to concentrate. As observed in SFA content, C18:0 concentration was higher for both 2009 seasons, as compared to 2006 ($p \leq 0.001$). This is the only saturated FA with a net neutral impact on serum cholesterol and the reduction in C18:0 could be related to lower intramuscular fat level in 2009.

Among the four experimental groups, the concentration of C18:1n-9c, the most abundant MUFA, was at a minimum in spring 2009, whereas total C18:1 trans concentration was the lowest in summer 2009 ($p = 0.013$) and increased for both seasons in 2006 ($p \leq 0.001$). These FAs result from incomplete microbial hydrogenation of unsaturated FAs in the rumen (Bessa *et al.*, 2000). The impact of FA concentration on human health is difficult to interpret without a complete isomer profile, since different isomers may have diverse effects. According to Dugan *et al.* (2008), the most abundant *trans*

diferencias climáticas (regiones frías versus calientes) también pueden conducir a cambios en la composición de la grasa. En el presente estudio, el promedio de la relación AGPI/AGS fue 0.45, mayor ($p \leq 0.001$) en la carne de toros sacrificados en primavera debido al mayor contenido de AGPI. Las actuales recomendaciones nutricionales establecen que la relación AGPI/AGS en la dieta humana debe ser mayor a 0.4, y las grasas con una baja relación AGPI/AGS no son recomendables porque podrían aumentar la colesteroemia (British Department of Health, 1994). Por tanto, de acuerdo con los resultados del presente estudio y de acuerdo con Beriain *et al.* (2011), la carne de Toros de Lidia tiene una equilibrada relación AGPI/AGS para la salud humana.

El contenido alto de AGMI en los toros sacrificados en verano podría deberse a la movilización de energía almacenada en los depósitos de grasa. Los patrones de movilización relativa de AG en los mamíferos son diferentes (Gavino y Gavino, 1992; Price *et al.*, 2008) y hay una movilización selectiva en situación de desnutrición (Connor *et al.*, 1996). Raclot y Groscolas (1993) muestran que la movilización de AG desde el tejido adiposo se correlacionó positivamente con el grado de insaturación (fundamentalmente AGPI), y negativamente con la longitud de la cadena. En estudios *in vitro*, AG de cadena corta con enlaces dobles más cerca del final de grupo metilo son movilizados preferentemente (Raclot, 2003), lo que también podría explicar los resultados *in vivo* en el presente estudio. Hubo una fuerte reducción del grado de engrasamiento en toros sacrificados en verano (Cuadro 1), lo que sugiere desnutrición debido a menos pastos, mayor temperatura ambiental, mayor tiempo de transporte y pre-sacrificio en ayunas. Se puede concluir que las condiciones ambientales y las diferencias en disponibilidad y calidad de la alimentación tienen un efecto sobre la composición de grasa intramuscular (Mazzone, 2010). Además, la movilización selectiva de AG se realiza durante una gran demanda de energía, desnutrición y situaciones de estrés (Price *et al.*, 2008; Soppela y Nieminen, 2002). El contenido menor de AGPI y una actividad mayor de desaturasa Δ -9 ($p \leq 0.001$) en la grasa de toros sacrificados en verano (Cuadro 2) también estuvo de acuerdo con la movilización mayor de AGPI en situaciones de desnutrición y estrés. Raclot (2003) reportó movilización diferenciada de AG de acuerdo con la estructura molecular y el grado de

Table 3. Intramuscular individual fatty acid composition (percentage by weight of total fatty acids detected) of Fighting Bulls as affected by location and year of slaughter.**Cuadro 3. Composición individual de ácidos grasos intramusculares (porcentaje por peso del total de ácidos grasos detectados) de Toros de Lidia afectados por ubicación y año del sacrificio.**

	Spring		Summer		SEM	p≤		
	2006	2009	2006	2009		Season	Year	Season×Year
12:0	0.04 ^b	0.05 ^b	0.04 ^b	0.17 ^a	0.008	0.001	0.001	0.001
14:0	1.17 ^b	1.23 ^b	1.77 ^a	1.34 ^b	0.081	0.001	0.013	0.001
16:0	16.3	16.4	20.8	21.2	0.273	0.001	0.331	0.347
16:1	1.52	1.53	1.89	2.14	0.082	0.001	0.087	0.111
18:0	21.8	23.1	18.4	19.1	0.346	0.001	0.001	0.203
Σ ^{trans} 18:1	2.56	1.84	2.14	1.59	0.151	0.013	0.001	0.439
18:1n-9c	32.3 ^a	30.7 ^b	33.5 ^a	34.0 ^a	0.765	0.001	0.314	0.041
18:2n-6c	14.9	15.3	12.6	11.8	0.699	0.001	0.728	0.250
18:3n-3	0.59	0.69	0.46	0.47	0.049	0.001	0.210	0.213
20:4n-6	3.93	3.78	2.65	2.28	0.179	0.001	0.103	0.463
20:5n-3 (EPA)	0.05	0.21	0.07	0.23	0.022	0.272	0.001	0.941
22:5n-3 (DPA)	0.37	0.65	0.34	0.67	0.047	0.894	0.001	0.455
22:6n-3 (DHA)	0.04 ^b	0.09 ^a	0.05 ^b	0.05 ^b	0.010	0.274	0.034	0.017
ΣCLA	0.49 ^b	0.31 ^c	0.57 ^a	0.55 ^{ab}	0.025	0.001	0.001	0.001

a,b,c Values with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) ❖ a,b,c, Valores con letras diferentes son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

isomer in beef cattle fed with 73 % barley grain diet is C18:1(10*t*) rather than C18:1(11*t*), which suggests a negative impact of C18:1(10*t*–) on LDL cholesterol and cardiovascular diseases.

The increase in C18:2n-6, C18:3n-3 and C20:4n-6 ($p \leq 0.001$) in meat from bulls slaughtered in spring could be due to the higher consumption of pasture (Palmquist, 1988); particularly, C18:3n-3 concentration was high in pasture. Content of this FA depends on the season, and it is rapidly and extensively biohydrogenated in the rumen. Therefore, its higher availability from fresh herbage can increase the content in muscle fat. In fact, bulls exposed to more abundant pastures (late winter and early-middle spring grass) are not finished on concentrate (these bulls were slaughtered in April), whereas bulls exposed to less abundant pastures (early summer grass) and finished on concentrate during three months were slaughtered in July. The increased concentration in 2009 of n-3 FA, such as C20:5n-3 ($p \leq 0.001$), C22:5n-3 ($p \leq 0.001$) and C22:6n-3 (this last one only in spring; $p = 0.017$) was mainly related to the decrease in total intramuscular fat.

A greater PUFA mobilization, associated to undernutrition in summer and 10 days in individual stables, could be another cause for MUFA and CLA

saturación y hay movilización preferenciada de AG poliinsaturados.

Los AG más abundantes fueron C16:0, C18:0, C18:1n-9 y C18:2n-6 (Cuadro 3) lo cual se observó en carne de bovino español (Indurain *et al.*, 2006). El segundo AG más abundante en primavera fue C18:0, mientras que en verano fue C16:0 debido a más suplemento concentrado ($p \leq 0.001$). French *et al.* (2000) reportan una reducción lineal en la proporción AGS al aumentar el consumo de pastos debido a un menor contenido 16:0 en pastos comparado con el concentrado. Como se observa en el contenido de AGS, la concentración C18:0 fue más alta para las dos estaciones del 2009, comparado con 2006 ($p \leq 0.001$). Este es el único AG saturado con un impacto neutro neto sobre el colesterol en suero y la reducción en C18:0 podría estar relacionada con un nivel más bajo de grasa intramuscular en el 2009.

Entre los cuatro grupos experimentales, la concentración de C18:1n-9c, los AGMI más abundantes, estuvieron en un mínimo en la primavera del 2009, mientras que la concentración total de C18:1 trans más baja fue en el verano del 2009 ($p = 0.013$) y aumentó en las dos temporadas en el 2006 ($p \leq 0.001$). Estos AG resultaron de una hidrogenación microbiana incompleta de AG insaturados

increase bulls slaughtered in summer, although they consumed less grass. The increase in ruminal FA depends on PUFA mobilization. Ruminal PUFA, mostly CLA isomers, could be intermediates of C18:3n-3 biohydrogenation (Biondi *et al.*, 2008). The low 18:3n-3 content observed in bulls slaughtered in summer suggested an increase in CLA production of CLA from C18:3n-3, partly due to a more intense fat mobilization during this season.

Finally, total CLA concentration showed an interactive effect between season and year ($p \leq 0.001$), being significantly lower in spring 2009. Natural augmentation of CLA within the lipid fraction of Fighting Bull meat can be accomplished through diets rich in grass and lush green forages. While CLA precursors can be found in both grains and lush green forages, grass-fed ruminant species produce 2 to 3 times more CLA than ruminants fed high grain diets, largely due to a more favourable rumen pH (Rule *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 2002). As far as we know, the increase of CLA percentage in concentrate-fed ruminants has not yet been reported. Although little research has been conducted to assess seasonal changes in beef CLA, Lock and Garnsworthy (2003) observed that CLA percentages in milk fat varied throughout the year in UK, with the highest values registered in the summer (May-July), when cows received fresh grass. Furthermore, as aforementioned, variations in temperature and rainfall affect FA composition of free-ranged cattle in several ways (Tume, 2004). Thus, it may be that suggested the low quality of the grass available during 2009 in southern Spain may have been unfavourable for the production of CLA in the rumen, explaining the low content in that year.

CONCLUSIONS

There was a significant effect of breeding year and slaughtering season on the characteristics of intramuscular fat in Fighting Bulls. Intramuscular fat composition showed particular characteristics due to the use of a unique combination of breed and production system. A significant influence of the rearing season has to be considered in fatty acid quality of Fighting Bulls meat, primarily due to feed fatty acid composition supplied in a given season and secondly due to the fat mobilization effect in stressing conditions in summer. From a nutritional viewpoint,

en el rumen (Bessa *et al.*, 2000). El impacto de la concentración de AG en la salud humana es difícil de interpretar sin un perfil de isómeros completo, ya que diferentes isómeros pueden tener efectos diversos. De acuerdo con Dugan *et al.* (2008), el isómero trans más abundante en bovino para carne alimentado con un dieta de 73 % grano de cebada es C18:1(10*t*) en lugar de C18:1(11*t*), lo que sugiere un impacto negativo de C18:1(10*t*—) sobre el colesterol LDL y las enfermedades cardiovasculares.

El aumento en C18:2n-6, C18:3n-3 y C20:4n-6 ($p \leq 0.001$) en la carne de toros sacrificados en primavera podría deberse a un alto consumo de pasto (Palmquist, 1988), donde la concentración de C18:3n-3 es elevada. El contenido de este AG depende de la estación y es rápida y extensamente biohidrogenado en el rumen. Por tanto, su mayor disponibilidad en forraje fresco puede aumentar el contenido en grasa intramuscular del músculo. De hecho, los toros expuestos a una mayor disponibilidad de pasto (pastos al final del invierno y de principios a mediados de primavera) no se finalizaron con concentrados (estos toros fueron sacrificados en abril), mientras que los que los toros con pastos menos abundantes (pastos al principio de verano) se finalizaron con concentrados durante tres meses y fueron sacrificados en julio. En el 2009, el incremento de concentración de AG n-3, como C20:5n-3 ($p \leq 0.001$), C22:5n-3 ($p \leq 0.001$) y C22:6n-3 (este último sólo en primavera; $p = 0.007$) se relacionó principalmente con la reducción de grasa intramuscular total.

Una movilización mayor de AGPI, asociada a la desnutrición en verano y 10 días en establos individuales, podría ser otra causa del aumento de los AGMI y CLA en toros sacrificados en verano que consumieron menos pasto. El aumento en AG ruminales depende de la movilización de AGPI. Los AGPI del rumen, principalmente los isómeros de CLA, podrían ser intermediarios de la biohidrogenación de C18:3n-3 (Biondi *et al.*, 2008). El contenido bajo de 18:3 n-3 observado en los toros sacrificados en verano, sugiere un aumento en la producción de CLA a partir de C18:3n-3, en parte debido a una movilización más intensa de la grasa durante esta temporada.

Por último, la concentración de CLA mostró una interacción entre la estación y el año ($p \leq 0.001$) y fue significativamente menor en la primavera del 2009. El aumento natural de CLA en la fracción lipídica de la carne del Toro de Lidia puede lograrse a través

meat from Fighting Bulls has a well balanced PUFA/SFA ratio. Fatty acids composition from these bulls are comparable in quality and nutritive values to other ruminants, and the high CLA and PUFA contents suggest that beef from Fighting Bulls could be a good alternative for human consumption.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Vacuno de Navarra S. L. and Mercasevilla for their contribution to the development of this study.

LITERATURE CITED

- Aldai, N., K. Osoro, L. Barron, and A. Nájera. 2006. Gas-liquid chromatographic method for analysing complex mixtures of fatty acids including conjugated linoleic acids (*cis*-9, *trans*-11 and *trans*-10, *cis*-12 isomers) and long-chain (n-3 or n-6) polyunsaturated fatty acids-Application to the intramuscular fat of beef meat. *J. Chromat. A.* 1110: 133-139.
- Aldai, N., M. E. R. Dugan, D. C. Rolland, and J. K. G. Kramer. 2009. Survey of the fatty acid composition of Canadian beef: Backfat and *longissimus lumborum* muscle. *Can. J. Anim. Sci.* 89: 315-329.
- Beriain, M.J., A. Horcada, G. Lizaso, K. Insausti, and A. Purroy. 2011. Meat quality from Fighting Bulls in Spain. *Rev. Cient. FCV-LUZ* 21: 88-95.
- Bessa, R., J. Santos-Silva, J. Ribeiro, and A. Portugal. 2000. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Liv. Prod. Sci.* 63: 201-211.
- Biondi, L., M. A. Valvo, M. Di Gloria, E. Scinaro, V. Galorafo, and A. Priolo. 2008. Change in ewe milk fatty acids following turning out to pasture. *Small Rum. Res.* 75: 17-23.
- British Department of Health. 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on health and social subjects no. 46. H.M. Stationery Office, London.
- Caton, J., and D. Dhuyvetter. 1997. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *J. Anim. Sci.* 75: 533-542.
- Christensen, M., P. Ertbjerg, S. Failla, C. Sañudo, R. I. Richardson, G. R. Nute, J. L. Olleta, B. Panea, P. Alberti, M. Juárez, J. F. Hocquette, and J. L. Williams. 2011. Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Sci.* 87: 61-65.
- Christie, W. 1981. The composition, structure and function of lipids in the tissues of ruminant animals. *In*: Christie, W. (eds). *Lipid Metabolism in Ruminant Animals*. Oxford. Pergamon Press. pp: 95-191.
- Council Directive 86/609/EEC 24 November 1986 on the approximation of laws, regulations and administrative provision of the Member States regarding the protection of animals used for experimental and other scientific purposes. *OJ No. L 358*, 18.12.1986 p. 1.
- de las dietas ricas en pastos y forrajes verdes. Si bien los precursores de CLA pueden encontrarse granos y forrajes verdes, las especies de rumiantes alimentados con pastos producen 2 a 3 veces más CLA que los rumiantes alimentados con dietas altas en grano, debido en gran parte a un pH ruminal más favorable (Rule *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 2002). Hasta donde se sabe, el aumento del porcentaje de CLA en rumiantes alimentados con concentrado no ha sido reportado. Aunque se ha realizado poca investigación para evaluar los cambios estacionales en los CLA de carne bovina, Lock y Garnsworthy (2003) observaron en el Reino Unido que los porcentajes de CLA en la grasa de la leche varía a lo largo del año, mostrando los valores más altos en el verano (mayo-julio), cuando las vacas recibieron pasto fresco. Además, como ya se mencionó, las variaciones en temperatura y precipitaciones pueden afectar la composición de AG del ganado criado en pastoreo de varias maneras (Tume, 2004). Así, puede suponerse que la calidad baja del pasto disponible durante el 2009 en el sur de España puede haber sido desfavorable para la producción de CLA en el rumen, lo que explica su bajo contenido en ese año.

CONCLUSIONES

Hubo un efecto significativo del año de crianza y la estación de sacrificio sobre las características de la grasa intramuscular del Toro de Lidia. La composición de la grasa intramuscular mostró características particulares debido a la combinación del efecto de la raza y del sistema de producción. La influencia significativa de la estación de crianza tiene que ser considerada en la calidad de los ácidos grasos de la carne del Toro de Lidia, debido principalmente a la composición de ácidos grasos del alimento suministrado en una determinada estación y en segundo lugar debido al efecto de movilización de la grasa en condiciones de estrés en el verano. Desde un punto de vista nutricional, la carne del Toro de Lidia presenta una relación AGPI/AGS bien equilibrada. La composición de ácidos grasos de estos toros es comparable en calidad y valores nutritivos con otros rumiantes, y los contenidos altos de CLA y AGPI sugieren que la carne de los Toros de Lidia podrían ser una buena alternativa para el consumo humano.

—Fin de la versión en Español—

- Connor, W., D. Lin, and C. Colvis. 1996. Differential mobilization of fatty acids from adipose tissue. *J. Lipid Res.* 37: 290-298.
- Dugan, M., D. Rollan, J. Aalhus, N. Aldai, and J. Kramer. 2008. Subcutaneous fat composition of youthful and mature Canadian beef: emphasis on individual conjugated linoleic acid and trans-18:1 isomers. *Can. J. Anim. Sci.* 88: 591-599.
- Dugan, M., N. Aldai, J. Kramer, D. Gibb, M. Juárez, and T. McAllister. 2010. Feeding wheat dried distillers grains with solubles improves beef *trans* and conjugated linoleic acid profiles. *J. Anim. Sci.* 88: 1842-1847.
- EEC Regulation No 1183/2006 del Consejo de 24 de julio de 2006 sobre el modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado, pp: L214/1-L214/6
- French, P., E. O'Riordan, F. Monahan, P. Caffrey, M. Vidal, M. Mooney, D. Troy, and A. Moloney. 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage concentrate-based diets. *Meat Sci.* 56: 173-180.
- Gavino, V. C., and G. R. Gavino. 1992. Adipose hormone sensitive lipase preferentially releases polyunsaturated fatty acids from triglycerides. *Lipids* 27: 950-954.
- Horcada, I. A., A. Luque M., and J. M. Jiménez J. 2010. La producción bovina en Andalucía. *In: La producción de carne en Andalucía*. Junta de Andalucía editor. Seville, Spain. pp: 297-316.
- Indurain, G., M. J. Beriain, M. V. Goñi, A. Arana, and A. Purroy. 2006. Composition and estimation of intramuscular and subcutaneous fatty acid composition in Spanish young bulls. *Meat Sci.* 73: 326-334.
- Insausti, K., M. J. Beriain, M. J. Alzueta, T. R. Carr, and A. Purroy. 2004. Lipid composition of the intramuscular fat of beef from Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. *Meat Sci.* 66: 639-646.
- Janz, J., J. Aalhus, M. Price, and A. Schaefer. 2000. The influence of elevated temperature conditioning on bison (*Bison bison*) meat quality. *Meat Sci.* 56: 279-284.
- Joffre, R., S. Rambal, and J. P. Ratte. 1999. The *dehesas* system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agrofor. System.* 45: 57-79.
- Juárez, M., A. Horcada, M. J. Alcalde, A. Molina, M. Valera, and O. Polvillo. 2009. Meat and fat quality of unweaned lambs as affected by slaughter weight and breed. *Meat Sci.* 83: 308-313.
- Juárez, M., S. Failla, A. Ficco, F. Peña, C. Avilés, and O. Polvillo. 2010. Buffalo meat as affected by different cooking methods. *Food Bioprod. Proced.* 88: 145-148.
- Juárez, M., M. Dugan, J. Aalhus, N. Aldai, J. Basarab, V. Baron, and T. McAllister. 2011. Effects of vitamin E and flaxseed on rumen-derived fatty acid intermediates in beef intramuscular fat. *Meat Sci.* 88: 434-440.
- Lock, A., and P. Garnsworthy. 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and $\Delta 9$ -desaturase activity in dairy cows. *Liv. Produc. Sci.* 79: 47-59.
- Malau-Aduli, A., B. Siebert, C. Bortema, and W. Pitchford. 1998. Breed comparison of the fatty acid composition of muscle phospholipids in Jersey and Limousin cattle. *J. Anim. Sci.* 76: 766-773.
- Marchello, J., D. Cramer, and L. Miller. 1967. Effect of ambient temperature on certain ovine fat characteristics. *J. Anim. Sci.* 26: 294-297.
- MARM. 2011. Información Pluviométrica. Boletín Hidrológico Semanal, 7. Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino. (<http://www.marm.es>).
- Mazzone, G., M. Giammarco, G. Vignola, L. Sardi, and L. Lambertini. 2010. Effects of the rearing season on carcass and meat quality of suckling Apennine light lambs. *Meat Sci.* 86: 474-478.
- Noci, F., P. French, F. Monahan, and A. Moloney. 2007. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates. *J. Anim. Sci.* 85: 1062-1073.
- Palmquist, D. 1988. The feeding value of fat. *In: Orskov, E. R.* (ed). *Feed Science*. Elsevier, Amsterdam. pp: 293-311.
- Perry, D., P. Nicholls, and J. Thompson. 1998. The effect of sire breed on the melting point and fatty acid composition of subcutaneous fat in steers. *J. Anim. Sci.* 76: 87-95.
- Price, E., A. Krokfors, and C. Guglielmo. 2008. Selective mobilization of fatty acids from adipose tissue in migratory birds. *J. Exper. Biol.* 211: 29-34.
- Raclot, T. 2003. Selective mobilization of fatty acids from adipose tissue triacylglycerols. *Progr. Lipid Res.* 42: 257-288.
- Raclot, T., and R. Groscolas. 1993. Differential mobilization of white adipose tissue fatty acids according to chain length, unsaturation, and positional isomerism. *J. Lipid Res.* 34: 1515-1526.
- RD 1034/2001 2001. Real Decreto 1034/2001, de 21 de septiembre, por el que se modifica parcialmente el Reglamento de Espectáculos Taurinos, aprobado por Real Decreto 145/1996, de 2 de febrero. BOE, 240/2001 de 6 de octubre de 2001.
- RD 260/2002, de 8 de marzo, por el que se fijan las condiciones sanitarias aplicables a la producción y comercialización de carnes de reses de lidia. BOE, 64 de 15 de marzo de 2002.
- Realini, C., S. Duckett, G. Brito, M. Dalla Rizza, and D. De Mattos. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66: 567-577.
- Riley, P., M. Enser, G. Nute, and J. Wood. 2000. Effects of dietary linseed on nutritional value and other quality aspects of pig muscle and adipose tissue. *Anim. Sci.* 71: 483-500.
- Rule, D., K. Broughton, S. Shellito, and G. Maiorano. 2002. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, cattle, elk and chicken. *J. Anim. Sci.* 80 1202-1211.
- SAS Institute Inc. 2003. Proceedings of the Twenty-Eighth Annual SAS® Users Group International Conference. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Serra, X., L. Guerrero, M. D. Guardia, M. Gil, C. Sañudo, B. Panea, M. M. Campo, J. L. Olleta, M. D. García-Cachan, J. Piedrafit, and M. A. Oliver. 2008. Eating quality of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. *Meat Sci.* 79: 98-104.
- Smith, D., R. Wood, S. Tseng, and S. Smith. 2002. Increased beef consumption increases apolipoprotein A-1 but not serum cholesterol of mildly hypercholesterolemic men with different levels of habitual beef intake. *Exp. Biol. Medic.* 227: 266-275.

- Soppela, P. and M. Nieminen. 2002. Effect of moderate wintertime undernutrition on fatty acid composition of adipose tissues of reindeer (*Rangifer tarandus tarandus* L.). Compar. Bioch. Phys. Part A: Molec. Integrat. Phys. 132: 403-409.
- Tume, R. K. 2004. The effects of environmental factors on fatty acid composition and the assessment of marbling in beef cattle: A review. Aust. J. Expe. Agr. 44(7): 663-668.
- Wood, J., M. Enser, A. Fisher, G. Nute, P. Sheard, R. Richardson, S. Hughes, and F. Whittington. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. Meat Sci. 78: 343-358.